

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

Reference 6

(11) Publication number: 2001287053 A

(43) Date of publication of application: 16.10.01

(51) Int. Cl

B23K 20/12

(21) Application number: 2000113211

(71) Applicant: HITACHI LTD

(22) Date of filing: 10.04.00

(72) Inventor: OKAMURA HISANOBU  
SAKAMOTO MASAHICO

(54) METHOD AND DEVICE FOR  
FRICTION-STIR-WELDING

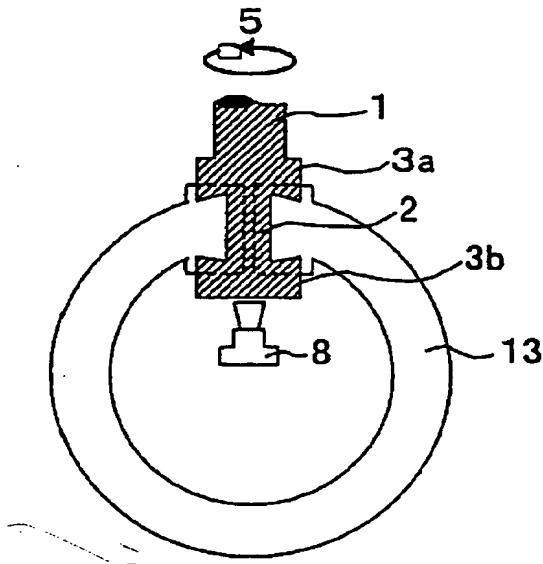
5

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To satisfactorily weld by the pushing force of a small tool.

SOLUTION: In friction-stir-welding using a rotary tool, there are provided on the tool a pin part 2 having a small diameter and shoulder parts 3a, 3b having diameters larger than the diameter of the pin part on both sides of the pin part. The interval between the shoulder parts is made smaller than the thickness of a material 13 to be welded. Welding is performed by interposing the material 13 between the two shoulder parts 3a, 3b.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

Reference 6

(11) 特許出願公開番号

特開2001-287053

(P2001-287053A)

(43) 公開日 平成13年10月16日 (2001.10.16)

(51) Int.Cl.  
B 23 K 20/12

識別記号  
310

F I  
B 23 K 20/12

マーク\* (参考)  
310 4 E 067

審査請求 未請求 請求項の数 8 O.L. (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-113211(P2000-113211)

(22) 出願日 平成12年4月10日 (2000.4.10)

(71) 出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
(72) 発明者 岡村 久宣  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内  
(72) 発明者 坂本 征彦  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内  
(74) 代理人 100075096  
弁理士 作田 康夫  
F ターム(参考) 4E067 AA05 AA07 BG00 BG06 DC05  
DC08 EC01

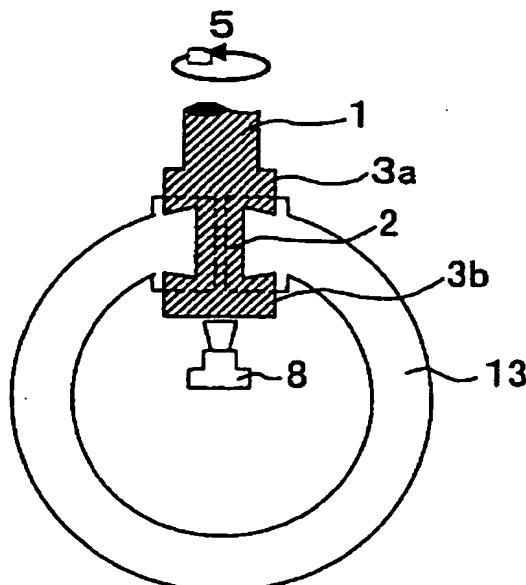
(54) 【発明の名称】 摩擦搅拌接合方法及び接合装置

(57) 【要約】

【課題】 小さいツールの押し付け力で、良好に接合できるようにする。

【解決手段】 回転ツールを用いる摩擦搅拌接合において、ツールに小径のピン部2と、該ピン部を挟んでその両側にピン部よりも大径のショルダ部3a, 3bとを設け、該ショルダ部の間隔を被接合材13の厚さよりも小さくし、2つの該ショルダ部3a, 3bで被接合材13を挟むようにして接合する。

図 5



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】接合材の材質より硬い材質の回転ツールに、局部的に細いピンと前記ピンより太い2つのショルダ部とを設け、該2つのショルダ部を前記ピンを挟んで設け、前記接合材を前記2つのショルダの間で挟むようにして、前記ツールの回転作用と前記接合材との摩擦熱により接合する摩擦攪拌接合方法において、前記ショルダ部に挟まれる前記接合部の厚さを、前記ショルダ部の間隔より大きくしたことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項2】請求項1において、水中、オイル、ガスのいずれかの冷却材の中でまたは接合部または接合材全体に前記冷却材をかけながら接合することを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項3】請求項1において、ショルダ部に挟まれる前記接合材の表面及び裏面の厚さを他の部分より局部的に厚くしたことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項4】請求項1又は2記載の前記接合材の接合開始部及び終端部近くは接合方向と直角方向に切り込みが設けられていることを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項5】接合材の材質より硬い材質からなり、局部的に細いピンを挟むように前記ピンより太い2つのショルダ部が一定の間隔をもって設けられている回転ツール(ツールと記述)によって、前記接合材を前記2つのショルダの間で挟むようにして、前記ツールの回転作用と前記接合材との摩擦熱により接合する摩擦攪拌接合装置において、接合過程における接合材表面の高さの変化を検出する検出器が配置され、前記検出器によって接合過程における接合材表面の高さの変化を順次に検出し、高さの変化に応じて前記ツールを上下方向に駆動制御する機構を備えていることを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項6】請求項5において、前記検出器は接合材の表面又は裏面の一方または両面に設けられていることを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項7】請求項5又は6において、前記加工物表面高さを検出する検出器は、レーザ変位計または超音波変位計であることを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項8】請求項1～7記載のいずれか1つの方法により製作された接合構造物。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は摩擦攪拌接合方法及び接合構造並びに接合装置に関し、特に接合部に発生する空洞や割れ等などの接合欠陥を防止し、接合部の品質改善に貢献する発明に関する。

## 【0002】

【従来の技術】摩擦攪拌接合方法は、実質的に接合の材質よりも硬い材質のツールを加工物の接合部に挿入し、このツールを回転させながら移動することによって、ツールと接合材との間で発生する摩擦熱により接合する方

法である。これは特公表7-505090号公報(EP0615480B1)で公知である。つまり、ツールと接合材との摩擦熱による塑性流動現象を利用したもので、アーク溶接のように加工物を溶かして溶接するものではない。

【0003】さらに、この接合方法は、従来の摩擦溶接方法のように加工物同士を回転してお互いの摩擦熱により接合する方法とは異なり、接合材を接合線方向、つまり、長手方向に連続的に溶接できる特徴がある。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】前記特公表7-505090号公報による摩擦攪拌接合方法におけるツールはピン部と前記ピン部より細いショルダ部よりなっている。前記公報の方法で接合する場合、ツールを接合材の内部に挿入して接合する。つまり、ツールで接合材を押し付けながら接合するため、接合材に大きな押し付け力が作用する、このため、ツールと反対方向にツールの押し付け力を支える支持板または支持柱が必要である。

【0005】しかし、接合材を前記2つのショルダで囲むようにして接合する方法は下記のような課題がある。

(1) 2つのショルダ部の間隔と接合材表面との間隔が接合部の品質に大きく影響する。例えば、ショルダ部の間隔と接合材との間に空隙がある場合は接合部に圧力がかからないため、空洞的な欠陥が発生する。また、ショルダ部の間隔と接合材の厚さが同じ場合は、ショルダ部で挟まれている部分が接合過程で切削されるため、接合部以外の部分の厚さより薄くなる。このため、接合部の品質上及び美観の点で問題がある。従って、接合過程における接合材の厚さは2つのショルダ部の間隔より大きいことが必要である。

【0006】一方、接合材の表面は一般に凹凸があり、一定の厚さではない。特に接合材が長い場合はこの厚さの変化は顕著である。さらに、接合材の厚さが一定の場合でも接合過程で摩擦熱により接合材表面の高さも変化する。従って、課題の(2)は接合過程におけるツールは接合材表面の凹凸に応じて上下に変化する必要がある。

【0007】一方、前記接合方法は接合材を表面と裏面の両方からショルダ部で挟むようにして接合するため、ショルダ部が1つからなる従来の接合方法に比べて2倍の摩擦熱が生じる。従って、課題の(3)は接合過程及び接合後の接合材のひずみも2倍となり、接合体としての品質の低下さらに接合後の修正作業が必要となり、コストの点でも問題がある。さらに、接合過程における接合材の拘束も困難になるなど作業性の点でも問題がある。

【0008】一方、課題の(4)はショルダ部で接合材を挟むようにして接合するため、接合の開始近傍と終了近傍では接合材が不足するため接合が不安定となる。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明のツールは、ピン

部を両方から一定の間隔をもって挟むように前記ピンより太い2個のショルダ部を有している。つまり、本発明の摩擦攪拌接合方法では、2つのショルダによって接合材を表面及び裏面方向から挟むようにして接合する。このため前記公報のようにツールの押し付け力がゼロ(0)である効果がある。

【0010】前記課題の(1)は、2つのショルダ部の間隔より接合材の厚さを厚くすることにより達成できる。この手段として、ショルダ部に挟まれる部分の接合材の厚さを予め局部的に厚くすることにより可能となる。さらに、接合を安定するために接合方向に対して、前記ツールの前方に接合材表面の高さを検出する検出器を配置し、この検出器からの高さの変化の検出信号に応じて前記ツールを上下方向に手動または自動的に制御することにより可能となる。

【0011】課題の(2)は、接合を水中または前記ツールの近傍に局部的または接合材の全体に水またはオイルまたは冷却ガスをかけながら接合することにより達成できる。

【0012】課題(3)は、接合材の接合の開始点及び終了点近傍にスリットを設けることにより可能である。

【0013】ショルダ部で挟まれる接合材の厚さを他の部分より局部的に厚くすることにより、接合材を表面と裏面の両方から安定に圧力をかけた状態で接合できる。このため、接合部に欠陥がない健全な接合部が得られる。ショルダによる切削によって、局部的に凹みが生じても予め厚くしているため、接合後は接合部外の厚さと同じ厚さになる。さらに、2つの接合材の突合せ部にギャップがある場合でも局部的に厚い部分から接合金属を補充できるため、欠陥なく接合できる。

【0014】一方、ツールの前方に接合材表面の高さを検出する検出器を配置し、この検出器からの高さの変化の検出信号に応じてツールを上下方向に手動または自動的に制御することにより、接合材の厚さまたは変形が生じても常に安定な接合が可能となる。

【0015】一方、接合を水中またはツールの近傍に局部的または接合部を含む接合材全体に水、オイル、ガスなどの冷却剤をかけながら接合することにより、低温で変形なく接合できるため安定な接合ができる。なお、接合部の内部圧力はツールの回転と摩擦熱で大気圧より高いため、接合部の内部に水は浸入しない。

【0016】一方、接合材の接合の開始点及び終了点近傍にスリットを設けることにより、接合後、スリットを起点に容易に破断するため、接合開始部と終了部の不安定な部分を効率的に除去できる。

【0017】前記方法により、ツールの反対側にツールの押し付け力に耐える支持板や支持柱がない構造でも接合できる。このため接合構造の軽量化が可能となる。

【0018】

【発明の実施の形態】(実施例1) 図1は本発明の実施

例におけるツール構造の断面を示す。ツール1は細いピン部2を囲むように配置されている2個のショルダ部3a、3bから構成されている。前記ショルダ部3の径(D)は前記ピン部2の径(d)より太い。ショルダ3aと3bとの間隔は接合材の厚さにより決定される。なお、外側の間隔(L)は内側の間隔(X)より小さいことがのぞましい。外側と内側の角度(α)は1~10度が望ましい。両者の管が同じ場合は欠陥が発生しやすい。前記構造のツールはこれが一体で回転する。

【0019】図2は本発明の実施例における接合構造の断面を示す。前記接合材4a及び4bの接合部の厚さ(H)は接合部以外の厚さ(h)より局部的に厚くなっていることが特徴である。前記局部的に厚い部分の幅(A)は、前記ショルダ部3の径(D)と同等かまたは少し大きい方が望ましい。前記ショルダ部に挟まれる接合部の厚さ(H)は、接合材の全体の厚さ(h)より0.3mm以上、3mm以下が望ましい。0.3mm以下の場合は接合材に凹みや欠陥が発生しやすい。

【0020】3mm以上の場合はコスト及びツールにかかる接合方向の荷重(反力)が増加する点で問題がある。

【0021】図3は図1のツールによって図2の接合材を接合する場合の実施例の接合部断面を示す。図4は図3のA-B方向つまり接合方向の断面図を示す。図3、図4において、ツール1は、接合材4aと4bを前記ショルダ部3aと3bで挟むように配置される。前記ピン部2とショルダ部3は一体で回転しながら接合方向6に移動する。このとき、前記接合材4は前記ピン2の回転と接合材4との間で発生する摩擦熱により接合される。図3、図4において、前記ショルダ部3a、3bに挟まれる接合材4a、4bの厚さ(T)はショルダ部の間隔(L)より大きいことが特徴である。

(実施例2) 本実施例では接合材として、アルミニウム合金JIS規格の6N01を接合する場合について説明する。前記アルミ合金の全体の厚さは4mmであるが、前記ショルダ部3に挟まれる部分の厚さは6mmで局部的に厚くなっている。なお、本実施例におけるピン部の径は8mm、ショルダ部の径は20mm、上下ショルダ部の間隔(L)は4mmである。ここで、前記ショルダ部に挟まれる接合材の厚さ(6mm)は、前記ショルダ部の間隔(4mm)より局部的に大きいことが特徴である。ここで、第4に示すように、ツールは接合方向に対して1~3度傾斜していることが望ましい。もし、角度が無い(0)の場合は接合進行方向に対して前方のショルダ部で接合前に接合材表面が切削されて接合方向への充填金属が不足するため欠陥となる。

【0022】本実施例における前記アルミ合金接合材4a、4bの幅は各々500mm、長さは25mである。また、ツールの接合速度は500mm/min、回転数は1000rpmである。前記接合条件で接合することにより欠陥のない接合部7が得られる。さらに、前記ショルダ部

に挟まれる前記接合材の局部的に厚い部分は、接合過程で前記ショルダ部の表面と裏面の両方向から機械的に切削されるため、接合後は他の部分の厚さとほぼ同じ4mmの厚さになるため接合後の加工が不要となる。

【0023】一方、前記接合材の長さは25mと長いため、接合材の厚さのばらつきや全体的に凹凸がある。さらに接合過程での摩擦熱による接合材に変形が生じる。このため、接合過程において、接合材の表面を基準にツールの高さを上下に駆動制御する必要がある。本実施例では、前記ツールの前方にレーザ変形計を配置し、接合材の上下方向の変位を検出している。

【0024】前記変位信号により、前記ツールの上下方向の駆動制御装置を制御して前記厚さの変位に応じてツールを上下方向に駆動制御している。これにより、接合材が25mと長い場合でも安定に欠陥なく接合できる。前記実施例で接合した接合体を車両用の屋根構体及び外側構体として使用した。

【0025】なお、前記接合材の表面と裏面に前記接合材の厚さ及び上下方向の変位を10MHzの超音波信号で前記と同様に検出し、前記ツールを接合材表面を基準に上下方向に位置制御できる。

(実施例3) 本実施例では、アルミニウム合金の円筒管13の接合に実施した場合について説明する。図5は接合方向と直角方向の接合部断面を示す。図6は図5の接合方向の断面を示す。前記アルミニウム合金はJIS規格5083で、円筒管の内径は100mm、厚さは5mm、長さは5mである。前記ツールのショルダ部に挟まれる前記円筒管13の接合部の厚さは、表面及び裏面とも合わせて7mmと局部的に厚くなっていることが特徴である。

【0026】本実施例におけるピン部2の径は8mm、ショルダ部の径は20mm、上下ショルダ部の間隔は5mmである。接合過程で前記局部的に厚い部分は前記ショルダで表裏両面方向から切削されるため、接合後の接合部の厚さ(7mm)は前記ショルダの間隔と同じ5mmになる。なお、本実施例における接合速度は300mm/min、ツールの回転数は800rpmである。

【0027】本実施例では、前記接合材の厚さが剛性の高いアルミニウム合金で、かつ厚さが7mmと厚いため、大きな摩擦熱が発生して接合過程でのひずみも大きい。このため、前記円筒管の表面と裏面の両面方向から水冷しながら接合している。水冷は図4に示すように接合方向の後方からホース8a及び8bによりツール1の近傍に局部的に水をかけて水冷する方法を採用している。このため、ツールから3mm離れた前記接合部表面の温度は100℃以下にできる。従って、接合過程及び接合後のひずみは大気中で接合した場合の1/3~1/5に以下に小さくできる。前記接合方法で接合した接合部7は欠陥もない。このため、精密な接合構造のアルミニウム合金の円筒管が得られる。前記接合方法で接合したアルミ

合金の円筒管を化学プラント用に採用している。

(実施例4) 本実施例では銅板を実施例2と同じ接合方法で接合する場合について説明する。銅板のショルダ部に接する部分の厚さは7mmで他の部分の厚さ5mmより局部的に厚くなっている。なお、本実施例におけるツールのピン部の径は10mm、ショルダ部の径は22mm、上下ショルダ部の間隔は5mmである。ここで、前記ショルダ部の上下の間隔(5mm)は、前記ショルダ部に接する接合材の厚さ(7mm)より小さいことが特徴である。前記ショルダ部に接する前記接合材の局部的に厚い部分は、接合過程で前記ショルダ部の表面と裏面の両方向から機械的に切削されるため、接合後は他の部分の厚さとほぼ同じ5mmの厚さになる。前記銅板の幅は各々500mm、長さは5mである。また、ツールの接合速度300mm/min、回転数は1000rpmである。

【0028】ここで、銅板はアルミニウム合金より剛性が大きいため、接合過程で大きな摩擦熱が発生し、前記銅板の変形も大きくなる。このため、前記ツール及び接合材の全部を水の中で接合した。なお、水中の温度は常に20℃以下になるように水を巡回している。これにより、ツールから2mm離れた接合材表面の温度は100℃以下に維持できる。従って、接合過程及び接合後の変形は大気中で接合した場合の1/5以下に小さくできる。前記接合方法により接合銅板の接合体を半導体用のヒートシンク材とした。

(実施例5) 図7は本発明の実施例の上方向からの観察図を示す。図8は図7の接合方向の断面図を示す。接合材はアルミニウム合金4のJIS規格6063、幅は400mm、長さは3mである。前記アルミニウム合金4の厚さは2mm、前記ショルダ部に挟まる部分の厚さは局部的に4mmと厚くなっている。接合材のスタート側及び終端側には切り込みが設けられている。

【0029】なお、本実施例におけるピン部2の径は5mm、ショルダ部3の径は15mm、上下ショルダ部の間隔は4mmである。ここで、前記ショルダ部3の上下の間隔(2mm)は、前記ショルダ部に接する接合材の厚さ(4mm)より小さいことが必要である。ここで、ツールは回転しながら接合方向に進むことにより、前記ツール1と接合材との摩擦熱で接合される。

【0030】前記ショルダ部に接する前記接合材の局部的に厚い部分は接合過程で前記ショルダ部の表面と裏面の両方向から機械的に切削されるため、接合後は他の部分の厚さとほぼ同じ2mmの厚さになる。なお、ツールの接合速度は500mm/min、回転数は12000rpmである。ここで、図2に示すように、ツールは接合方向に対して傾斜していることが望ましい。この傾斜角度(θ)は1度が望ましい。

【0031】前記接合方法で接合した後、切り込み部からスタート側及び終端側を破断して自動車用の構体に使用した。

(実施例6) 図9は内部が中空構造のハニカムパネルの接合に本発明を実施した場合について説明する。図9のハニカムパネルは、内部にリブ11を有する中空構造である。前記ハニカムパネルは、アルミ合金JIS規格6N01材を押し出し加工により製作される。本発明によるハニカムパネル10aと10bの接合はリブのない位置で行われる。つまり、ツールの荷重を支持する支持材のない位置でも接合できる点が特徴である。

【0032】前記ハニカムパネルの表面及び裏面の厚さは3mmであるが、前記ショルダ部に挟まれる接合部12は厚さが5mmと局部的に厚くなっている。ハニカムパネルの1枚の幅は400mm、長さは25mである。

【0033】なお、本実施例におけるピン部の径は8mm、ショルダ部の径は20mm、上下ショルダ部の間隔(L)は3.5mmである。

【0034】本実施例における接合速度は500mm/min、回転数は800rpmである。前記接合条件で接合することにより長さ25mにわたり欠陥のない接合部が得られる。なお、前記ショルダ部に挟まれる前記ハニカムパネルが局部的に厚い部分は、接合過程で前記ショルダ部の表面と裏面の両方向から機械的に切削されるため、接合後はハニカムパネル面板の厚さとほぼ同じ3mmの厚さになるため接合後の加工が不要となる。

【0035】一方、前記、接合材の長さは25mと長いため、接合材の厚さのばらつきや全体的に凹凸がある。さらに接合過程での摩擦熱により接合材に変形が生じる。このため、接合過程において、接合材の表面を基準にツールの高さを上下に駆動制御する必要がある。

【0036】本実施例では、前記ハニカムパネル面板の両面に超音波変位計を配置し、接合材の上下方向の変位を検出している。前記変位計は、前記ツールの前方30mmの位置に配置している。前記変位計の周波数は5MHzである。前記変位信号により、前記ツールの上下方向の駆動制御装置を制御して前記厚さの変位に応じてツールを上下方向に駆動制御している。これにより、接合材が25mと長い場合でも安定に欠陥なく接合できる。さらに、ツールの反対側にツールを支持する支持柱が不要

なため、軽量構造が可能である。

【0037】前記実施例で接合した接合体を車両用の屋根構体及び外側構体として使用することにより、車両の軽量化が図られる。

#### 【0038】

【発明の効果】本発明によれば、ツールの押し付け力が無いため、内部が中空構造でもツールの支持材なしで接合ができる。このため、接合構造の軽量化ができる。さらに、接合欠陥が防止されるため、車両構体などの接合長さが20mクラスの接合構造物でも、信頼性の高い接合構造物が製作できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例を示すツール構造の断面図である。

【図2】本発明の実施例を示す接合構造の断面図である。

【図3】本発明の実施例を示す接合状態の配置の断面図である。

【図4】本発明の実施例を示す図3の直角方向の接合状態を示す断面図である。

【図5】本発明の実施例を示す円筒管の接合状態の断面図である。

【図6】本発明の実施例を示す図5の直角方向の接合状態を示す断面図である。

【図7】本発明の実施例を示す上方向からの観察図である。

【図8】本発明の実施例を示す図7の横方向からの上方向からの観察図である。

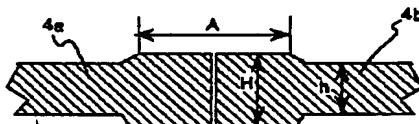
【図9】ハニカムパネルに本発明を実施した場合の断面を示す。

#### 【符号の説明】

1…回転ツール、2…ピン、3…ショルダ、4…接合材、5…ツールの回転方向、6…接合方向、7…接合部、8…水冷用ホース、9…切り込み、10…ハニカムパネル、11…リブ、12…接合部、13…アルミ円筒管。

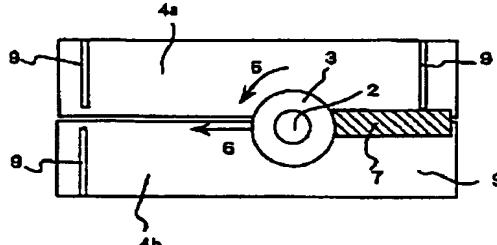
【図2】

図2



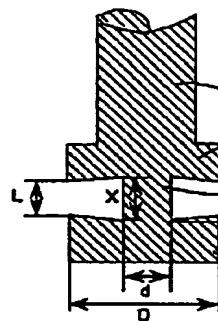
【図7】

図7



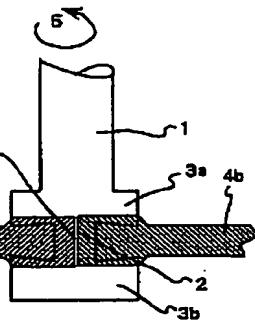
【図1】

図 1



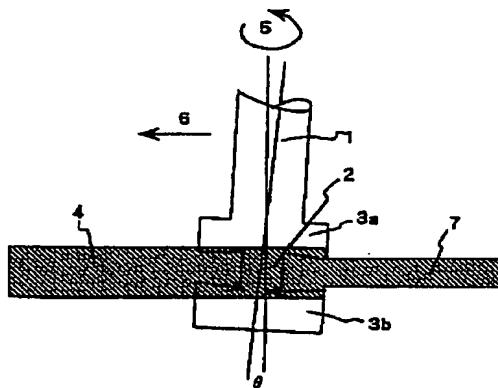
【図3】

図 3



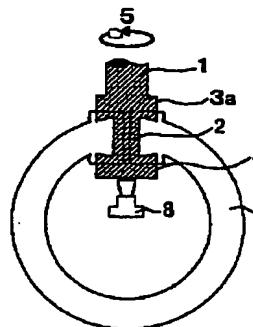
【図4】

図 4



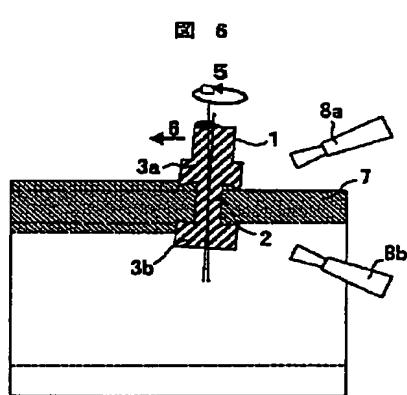
【図5】

図 5



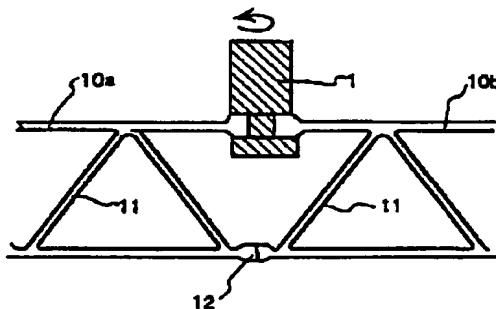
【図6】

図 6



【図9】

図 9



【図8】

図 8

